

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-065750

(43)Date of publication of application : 06.03.1998

(51)Int.Cl.

H04L 27/38

(21)Application number : 09-182919

(71)Applicant : SHARP CORP
SARNOFF CORP

(22)Date of filing : 05.06.1997

(72)Inventor : CHRISTOPHER H STROHL

(30)Priority

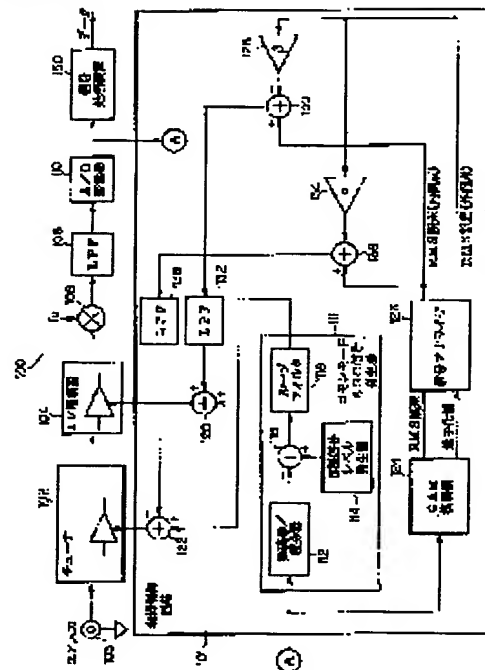
Priority number : 96 19302 Priority date : 07.06.1996 Priority country : US

(54) AGC SYSTEM RESPONDING TO DISTORTION OF BASE BAND SIGNAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a digital information transmission system preparing automatic gain control(AGC) optimizing a signal to noise ratio to minimize the distortion of a signal in the system.

SOLUTION: This AGC system monitors the distortion of an outer point at the time of arranging the signal points of a complicated modulation format such as a quadrature amplitude modulation(QAM) to adjust AGC of both RF and IF. A receiver consists of at least two steps of AGC gains, namely an RFAGC amplifier is included in a tuner 102 and an IFAGC amplifier 104 is after stage. An IF amplifier is connected with a mixer 106 and a low-pass filter 108 to be driven by a specific frequency to generate a base band signal. The base band signal is digitized by an A/D converter 110 and processed by a gain control circuit 101. The circuit 101 generates the AGC signals of IF and RF controlling the gain of each AGC steps.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-65750

(43)公開日 平成10年(1998) 3月6日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 4 L 27/38

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 4 L 27/00

技術表示箇所

G

審査請求 未請求 請求項の数20 書面 外国語出願 (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平9-182919

(22)出願日 平成9年(1997) 6月5日

(31)優先権主張番号 60/019302

(32)優先日 1996年6月7日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(71)出願人 597079016

サーノフ コーポレイション

アメリカ合衆国, ニュージャージー州

08543, プリンストン シーエヌ 5300,

ワシントン ロード 201

(72)発明者 クリストファ エイチ. ストロール

アメリカ合衆国, ペンシルバニア州

19038, モントゴメリ グレンサイド,

ビックレイ ロード 275

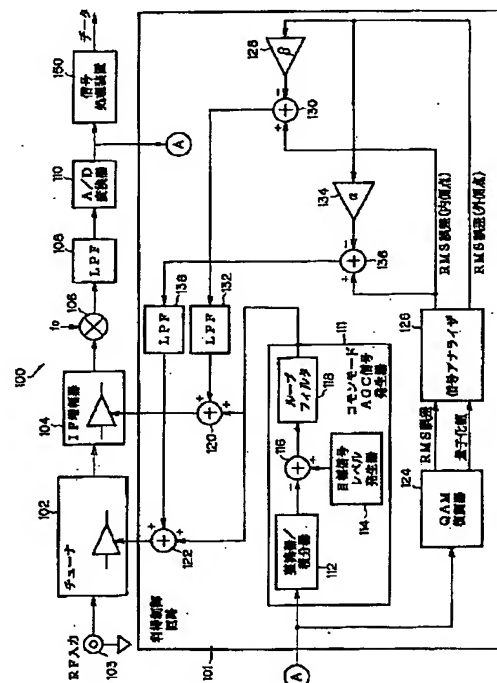
(74)代理人 弁理士 高野 明近 (外1名)

(54)【発明の名称】 ベースバンド信号歪にตอบสนองするAGCシステム

(57)【要約】

【課題】 デジタル情報伝送システムで、信号対雑音比を最適にし、信号歪みを最小にする自動利得制御 (AGC) を用意する当該システムを提供する。

【解決手段】 直交振幅変調 (QAM) のような複雑な変調フォーマットの信号点配置上外側の点の歪みを監視し、RFとIFの両方のAGCを調整するAGCシステムをなす。受信機は少なくとも2つのAGC利得の段階、即ち、RF AGC増幅器はチューナ102に含まれ、IF AGC増幅器104が後続する。IF増幅器はミキサ106、低域フィルタ108と接続し、特定の周波数で駆動され、ベースバンド信号を発生する。ベースバンド信号をA/D変換器110でデジタル化し、利得制御回路101で処理する。利得制御回路101は、各々のAGC段階の利得を制御するIFとRFのAGC信号を生成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力信号からコモンモード信号を生成するコモンモード信号生成器と、複数のシンボル値を形成するために前記入力信号を復調し、且つ各シンボル値毎に誤差値を決定する復調器と、前記復調器に結合し、共通の特性を有する少なくとも2セットの誤差値を同定し、各誤差値セット毎に平均誤差値を計算する信号アナライザと、前記信号アナライザと前記コモンモード信号発生器に結合し前記平均誤差値とコモンモード信号を処理して、利得制御信号を生成する制御信号生成器より成る入力信号の利得を自動調整する装置。

【請求項2】 前記コモンモード信号生成器が、さらに、前記入力信号の平均値を定める整流器／積分器と、前記入力信号の公称平均値を生成する目標信号レベル生成器と、前記整流器／積分器及び前記目標信号レベル生成器に結合し前記公称平均値と前記平均値の差値を計算する減算器と、前記減算器に結合しコモンモード信号を形成すべく前記差値を濾波するループフィルタとより成る請求項1記載の装置。

【請求項3】 前記復調器が直交振幅変調(QAM)復調器である請求項2記載の装置。

【請求項4】 複数の平均誤差値の1組がQAM復調入力信号の信号点配置上内側の複数の点から導かれ、複数の平均誤差値のもう1組がQAM復調入力信号の信号点配置上外側の複数の点から導かれたものであり、前記信号アナライザが前記内側点を積分して信号点配置上内側の点の平均誤差値を確立し、前記信号点配置上外側の点を積分して外側点平均誤差値を確立する請求項3記載の装置。

【請求項5】 前記制御信号生成器が、前記外側点平均誤差値を増幅する各々第1増幅係数(α)と第2増幅係数(β)を有する第1と第2の増幅器と、前記第1増幅器と前記信号アナライザに結合し前記第1の増幅された外側点平均誤差値を前記内側点平均誤差値から差し引く第1の減算器と、前記第2増幅器と前記信号アナライザに結合し第2の増幅された外側点平均誤差値を前記内側点平均値から差し引く第2の減算器と、前記第1減算器と前記第2減算器に結合し各々第1バイアス信号と第2バイアス信号を形成する第1と第2の低域フィルタと、前記第1と第2の低域フィルタに結合し各々前記第1バイアス信号と前記第2バイアス信号を前記コモンモード信号に加算し第1と第2の制御信号を生成する第1と第2の加算器とより成る請求項4記載の装置。

【請求項6】 前記第1制御信号が無線周波数チューナの自動利得制御信号を形成する請求項5記載の装置。

【請求項7】 前記第2制御信号が中間周波数増幅器の自動利得制御信号を形成する請求項5記載の装置。

【請求項8】 前記 α を $\alpha \leq 1$ とする請求項5記載の装置。

【請求項9】 前記 β を $\beta \geq 1$ とする請求項5記載の装

置。

【請求項10】 前記 α を $\alpha = 0.5$ とする請求項8記載の装置。

【請求項11】 前記 β を $\beta = 1.5$ とする請求項9記載の装置。

【請求項12】 入力信号よりコモンモード信号を生成するステップと、各誤差値が入力信号中のシンボル値に対応する複数の誤差値を決定するステップと、前記複数の誤差値に回答し少なくとも2組との平均誤差値を決定するステップと、前記平均誤差値の組に回答し自動利得制御信号を生成するステップより成る自動利得制御信号決定方法。

【請求項13】 前記平均誤差値決定ステップが、さらに直交周波数変調(QAM)を復調した信号点配置上内側の複数の点から平均誤差の1組を導くステップと、QAMを復調した信号点配置上外側の複数の点から平均誤差のもう1つの組を導くステップより成る請求項12記載の装置。

【請求項14】 前記生成するステップが、さらに、前記外側の複数の点の平均誤差値を第1増幅係数(α)及び第2増幅係数(β)で各々増幅するステップと、前記第1の増幅された外側の複数の点の平均誤差値を各々前記内側の複数の点の平均誤差値から差し引き第1及び第2の差信号を生成するステップと、前記第1及び第2の差信号をフィルタで処理し各々第1バイアス信号及び第2バイアス信号を形成するステップと、前記第1バイアス信号及び第2バイアス信号を前記コモンモード信号に各々加算し第1及び第2の自動利得制御信号を形成するステップより成る請求項13記載の方法。

【請求項15】 前記第1の自動利得制御信号が無線周波数自動利得制御信号である請求項14記載の方法。

【請求項16】 前記第2の自動利得制御信号が中間周波数自動利得制御信号である請求項14記載の方法。

【請求項17】 前記 α を $\alpha \leq 1$ とする請求項14記載の方法。

【請求項18】 前記 β を $\beta \geq 1$ とする請求項14記載の方法。

【請求項19】 前記 α を $\alpha = 0.5$ とする請求項17記載の方法。

【請求項20】 前記 β を $\beta = 1.5$ とする請求項18記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】本発明は、デジタル情報伝送システムに関し、より詳細には、信号対雑音(S/N)比を最適にして信号歪みを最小にする自動利得制御(AGC)を意用するシステムに関する。

【0002】(発明の背景)種々の通信システムにおいて、限られた伝送帯域幅の範囲内で比較的高いデータ伝送速度で情報を伝送するために、直交振幅変調(QAM)が使用されている。代表的な例として、QAMは、

全ての伝送に固定シンボルの信号点配置 (Constellation)、例えば、信号点配置による16値QAMまたは16位置またはシンボル点を使用している。かような通信システムにおける受信機は幾つかのタイプの自動利得制御 (AGC) 回路を有し、受信QAM信号の背景ノイズに対する比を最適にして、受信QAM信号が受ける歪みも受信機での処理により生じる歪みを最少とすることが要請される。この条件は、入力RF信号がフェージングするか或いは減衰するような状態でも、AGC回路を使用してQAM受信機のチューナ部分からの信号を定信号レベルに維持することにより実現される。代表的なQAM受信機の場合、AGC回路は2段階、即ち、受信機の間周波数 (IF) 段階の間周波数自動利得制御 (IFAGC) と、受信機の無線周波数 (RF) 段階の無線周波数自動利得制御 (RFAGC) を含んでおり、IFAGC回路はRFAGC回路に続く。かように、IFAGCは、RFAGCが入力RF信号に最大利得を与えるまでは一定の利得に維持される。最大RFAGC利得に達すると、IFAGC回路が作動状態になり、IF信号をさらに増幅させる。

【0003】しかしながら、信号を増幅器の利得限界で増幅すると、増幅器は、相互変調歪みを発生させる。QAMの場合、この歪みは典型として信号点配置上の最も外側の点に影響を及ぼす。信号対雑音比の低い入力信号を受信するQAM受信機は、IFAGC回路とRFAGC回路の利得が最大限度付近または最大限度で信号点配置上の最も外側の点の復調が困難になる。

【0004】かように、QAM受信機のRF及びIFの両段階において、最適な利得制御を行い、相互変調歪みを最少にするシステムを必要としている。

【0005】(発明の概要) 先行技術に関し記述してきた不利益は、本発明による自動利得制御 (AGC) システムにより克服される。このシステムは、直交振幅変調 (QAM) のような複雑な変調フォーマットの信号点配置上の外側の点の歪みを監視し、そのような歪みを最少になるようにRFとIFの両方のAGC利得を調節する。特に、この受信機は、少なくとも2つのAGC利得段階を含んでいる。典型として、RFAGC増幅器は、チューナの中に含まれており、IFAGC増幅器がその次に続いている。IF増幅器は、ミキサ及び随伴低域フィルタに結合しており、協働して特定の周波数で駆動される時に、ベースバンド (またはベースバンドに近い) 信号を生成する。このベースバンド信号は、デジタル化され、利得制御回路で処理される。この利得制御回路は、IFとRFAGC信号を生成し、各々のAGC段階の利得を制御する。

【0006】この利得制御回路は、目標信号レベルとベースバンド信号値の差を表わすコモンモード信号を生成するコモンモード信号発生器を含んでいる。このコモンモード信号は、ベースバンド信号の種々のレベルに含ま

れているRMS誤差を反映する2つのバイアス信号によって変更される。利得制御回路は、さらに、信号アナライザに接続したデジタル変調の復調器、例えば、QAM復調器を含んでいる。この復調器と信号アナライザは、信号点配置上の外側レベルの誤差 (ノイズ) を示すRMS誤差値と、信号点配置上の内側レベルの誤差 (ノイズ) を示すRMS誤差値を生成する。各々のレベルに対するこのRMS誤差値は、信号点配置上外側の点が歪んでくる時点を決断するために比較される。歪みの決定に対応し、特定対のバイアス信号値を生成し、コモンモード信号と組み合わせる。結果としての合成信号がIF及びRFのAGC信号を形成する。運転時、信号点配置上外側の点において歪みが検出されると、AGC信号はRF及びIFの両増幅器の利得を適当に調製し、外側点に関するRMS誤差を減少させる。

【0007】(詳細な説明) 図1は、本発明による自動利得制御 (AGC) システムの実施に必要な種々のアナログ及びデジタル回路構成要素の相互の接続を示すブロック図である。このAGCシステム100は、チューナ102とIF増幅器104とミキサ106と低域フィルタ108とアナログ・デジタル (A/D) 変換器110と利得制御回路101を含んでいる。チューナ102は、入力ポート103でQAM変調 (例えば、M値QAM、ここに、値の数Mは16, 32, 128, 256等) の無線周波数 (RF) 信号を受信する。このチューナは、通常のユニットであり、RF信号を増幅し、そのRF信号を中間周波数 (IF) にダウンコンバートし、その変換IF信号を濾波する。チューナは、電圧制御可能利得を有する少なくとも1つの増幅段を持つもの、即ち、RFAGC増幅器を含むものである。

【0008】チューナ102は、これもまた利得制御される増幅段を少なくとも1つ含むIF増幅器104に接続されている。IF増幅器で増幅したIF信号は、2段階の自動利得制御の結果、略一定の信号強度を持つ。

【0009】この増幅IF信号をミキサ106の1つのポートに供給する。このミキサのもう1つの入力ポートを公称周波数 (f_c) で駆動し、増幅IF信号と混合して1つのベースバンド (またはベースバンドに近い) 信号を生成する。この使用特定周波数は、本発明の動作には重要ではなく、一般にIF信号の中心周波数により定める。ベースバンド信号を低域フィルタ108で濾波してからA/D変換器110でデジタル信号に変換する。信号処理装置150は、デジタルベースバンド信号を通常の方法で復調し変調を回復する。この信号処理装置は、実際の受信機を図で表わすためだけに示されているにすぎず、また、本発明のどの部分とも無関係である。デジタルベースバンド信号をさらに利得制御回路101でRF及びIF段で生じた相互変調歪みを最少にする最適な利得制御信号を生成すべく処理する。これは、受信QAMの信号点配置を監視し、AGC増幅器が相互変調

歪みを生じる利得レベルに達しないように保証することにより達成される。

【0010】特に、利得制御回路101は、コモンモード信号発生器111と直交復調器124と信号アナライザ126と1対の増幅器134、128と1対の減算器130、136と1対の低域フィルタ132、138と1対の加算器120、122を含んでいる。デジタルベースバンド信号を処理し、1つのコモンモード信号と複数のRMS誤差信号を生成し、組み合わせて、チューナ102とIF増幅器104にフィードバックして所望の自動利得制御結果を得る。

【0011】コモンモード信号発生器111は、整流器／積分器112と減算器116と目標信号レベル発生器114とループフィルタ118を含んでいる。コモンモード信号は、整流器／積分器112を用いて、デジタルベースバンド信号をまず整流し、平均化することにより得られる。積分器は整流されたデジタル信号を平均化して平均信号を生成する。減算器116は、目標信号レベル発生器114で生成した目標信号レベルから平均信号を差し引く。理想的には、AGCシステムの最適動作時には、あらゆる大きさの入力信号に対し、平均信号の大きさが目標信号レベルに維持される。かように、目標信号レベルは、平均信号に対する公称信号強度に相当する一定値である。目標信号レベルの特定値は、本システム用特定アプリケーションのパラメータ、例えば、予定受信信号レベル、各段階におけるゲインとダイナミックレンジ、ミキサの変換利得、フィルタの通過バンドロス、等に依存する。さらに、多数の目標信号レベルを予めレジスタにプログラムして、種々のシステムアプリケーションに対応することができる。

【0012】減算器116からの誤差信号は、次に、ループフィルタ118で低域濾波する。フィルタ118から出てきた信号をコモンモードAGC信号として参照する。このコモンモード信号は、平均信号レベルと反比例の関係をもって変わる。コモンモード信号は、本質的には、ベースバンド信号の平均信号強度から導かれる通常のAGC信号である。

【0013】コモンモード信号を2つの加算器122と120に各々与える。後述するバイアス信号を同じく加算器122、120に与え、AGC制御信号を生成し、生成したAGC制御信号をチューナ102内のRF AGC増幅器とIF増幅器に送り、これらの増幅器の各々の利得を制御する。コモンモードAGC信号用のバイアス信号は、QAM信号の信号点配置上内側及び外側の点のRMS誤差を監視することにより得られる。共に得られた内側の複数の点の監視結果により、内側信号レベル（内側レベル）を表わし、外側の複数の点によって外側信号レベル（アウト側レベル）を表わす。もし、このQAM信号が中間レベルであれば、信号は無視される。信号点配置を監視するために、QAM信号を復調して処理

し、上記信号点配置レベルの各々が伴うRMS誤差を見つける。かように、A/D変換器110からのデジタルベースバンド信号をQAM復調器124に送る。QAM復調器124の出力として2つの信号、即ち、復調信号のRMS誤差と復調信号のシンボル位置の量子化値が生成される。従って、QAM復調器で処理された各デジタル信号に対して、信号点配置上内側又は外側の点のいずれの信号かを特定するために割り当てられた対応値と、その点が伴うRMS誤差値が得られる。RMS誤差は、量子化値が理想的な信号点配置上の点位置からのへだたりに比例している。

【0014】これら2つの出力信号を信号アナライザ126に送り、内側及び外側点のRMS誤差値を識別する。信号アナライザ126は、各量子化QAM信号をしきい値と比較し、特定の量子化値が外側レベル点であるか又は内側レベル点であるかを決定する。中間レベルの場合は、アナライザは複数のしきい値を、1つは内側レベル点の特定に、もう1つを外側レベル点の特定に使用し、関係のある点を特定し、残りの全ての点を削除する。各内側点につき、アナライザは随伴RMS誤差値を積分する。同様に、各外側点につき、アナライザは随伴RMS誤差値を積分する。かように、アナライザからの出力は、内側の複数の点が伴う平均RMS誤差値と外側の複数の点が伴う平均RMS誤差値である。

【0015】外側の複数の点の平均RMS誤差は、次に、増幅器128と134を通過する。増幅器134は、誤差に第1係数(α)を乗じ、増幅器128は誤差に第2係数(β)を乗じる。一般に、 $\alpha \leq 1$ そして $\beta \geq 1$ である。但し、実験的には、 $\alpha = 0.5$ 及び $\beta = 1.5$ で許容の利得制御が達せられる。

【0016】増幅器128は減算器130に接続し、増幅器134は減算器136に接続されている。かように、信号点配置上外側の点の増幅RMS誤差値を内側の点のRMS誤差値から、減算器130と136を用いて減算する。結果として得られた差値を低域フィルタ132と138を用いて濾波する。各低域フィルタからの出力信号は、バイアス信号を形成し、加算器122と120に入力する。かように、バイアス信号をコモンモード信号と結合し、RF及びIFのAGC制御信号を得る。より詳細には、フィルタ132からのバイアス信号とコモンモード信号とを加算器120を用いて結合し、IF AGC信号を形成し、同様に、フィルタ138からのバイアス信号とコモンモード信号とを加算器122を用いて結合し、RF AGC信号を形成する。かように、IF及びRFのAGC信号は互いに独立している。

【0017】動作時、本発明のシステムは、信号点配置上外側の点のRMS誤差が内側点のRMS誤差を越える時点を決める。その時、IF信号レベルが高すぎると判断されれば、IF AGCの利得を減じて信号点配置中の外側点が歪むのを避ける。さらに、RFのAGC信号

も同時に減じる。入力RF信号レベルが低下すると、コモンモード信号が増大し、RFとIFの両方のAGC信号が増大する。しかしながら、バイアス信号がRFAGCレベルの増大に従って、信号点配置上内側の点のノイズが減少するように働くので、RFAGC信号は、コモンモード信号レベルより高く増大する。

【0018】上記の実施例では、AGC増幅器をRF及びIFの段階での利得を制御する構成要素として説明してきたが、当業者ならば、電圧制御減衰器としても機能することは理解できよう。また、本発明によるシステムは、任意サイズのQAM変調を用いて作動するように設計される。QAMの復調器のみが信号点配置サイズに依存する構成要素である。しかしながら、システムアプリケーションに応じて、種々の復調器が使用でき、種々の信号点配置サイズを復調できる復調器も使用できる。さらに、本発明は、記述の受信QAMだけでなく、QPSK、BPSK、オフセットQPSK、VSB等を含む他のデジタル変調フォーマットの受信機における自動利得制御の実施にも適用できる。さらに、上述の実施例では、2つのAGC段階を説明したが、当業者ならば、本

発明をAGC段階をさらに追加したものに適用できることは容易に理解できるであろう。

【0019】本発明の教示を取り入れた1つの実施例を示し詳述してきたが、当業者ならば、これらの教示を取り入れた多くの他の変更実施例を容易に考案できよう。

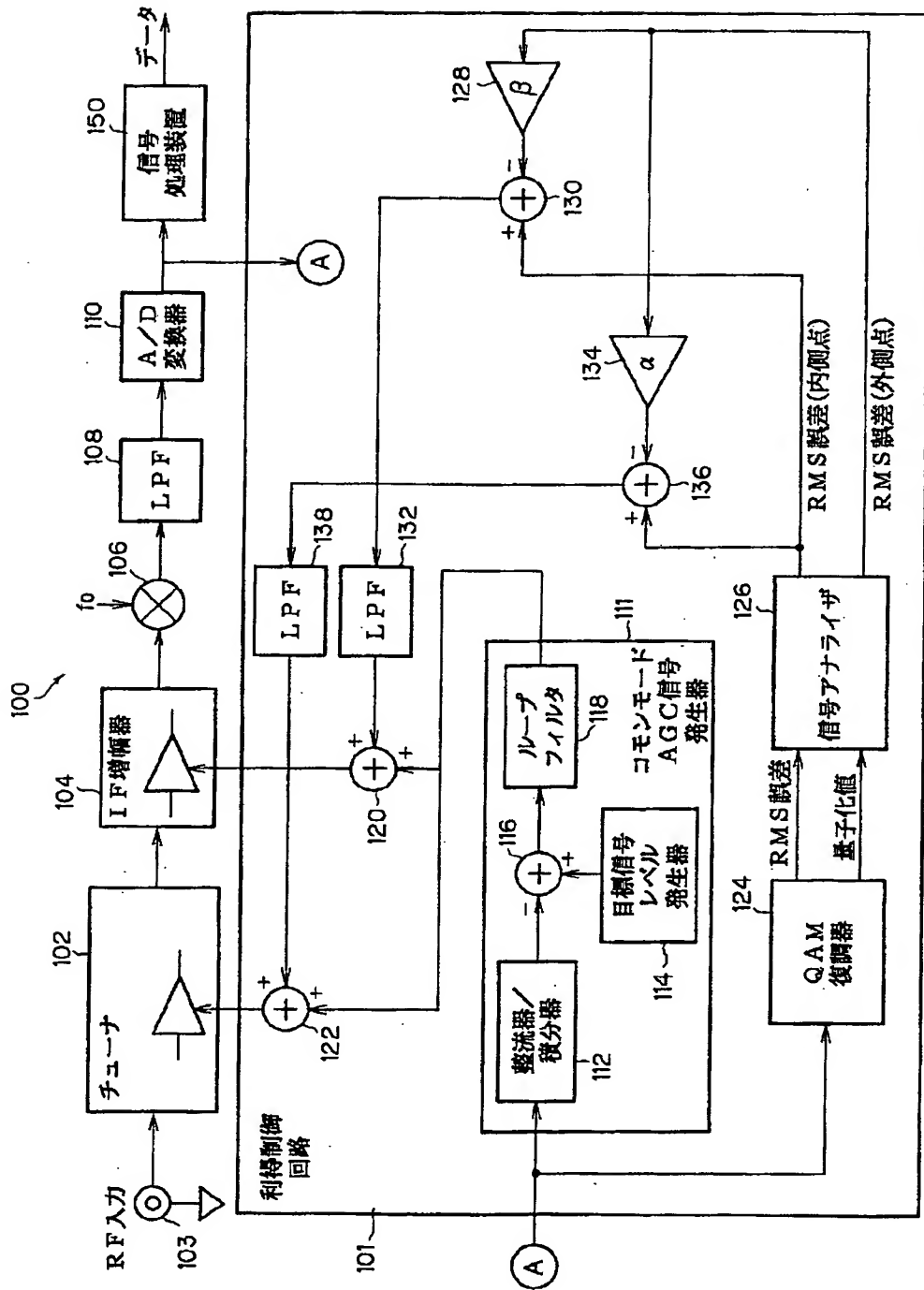
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるAGC（自動利得制御）システムのブロック図である。

【符号の説明】

100…AGCシステム、101…利得制御回路、102…チューナ、103…入力ポート、104…IF増幅器、106…ミキサ、108…低域フィルタ、110…アナログ・デジタル（A/D）変換器、111…コモンモードAGC信号発生器、112…整流器／積分器、114…目標信号レベル発生器、116…減算器、118…ループフィルタ、120、122…加算器、124…QAM復調器、126…信号アナライザ、128、134…増幅器、130、136…減算器、132、138…低域フィルタ、150…信号処理装置。

【図1】



【 外国語明細書 】

1. Title of invention

**AUTOMATIC GAIN CONTROL SYSTEM
THAT RESPONDS TO BASEBAND SIGNAL DISTORTION**

2. Claims

What is claimed is:

1. Apparatus for automatically adjusting gain of an input signal comprising:
 - a common mode signal generator for generating a common mode signal from the input signal,
 - a demodulator for demodulating the input signal to form symbol values and determining an error value for each symbol value,
 - a signal analyzer, coupled to the demodulator, for identifying at least two sets of error values having common characteristics and calculating an average error value for each set of error values, and
 - a control signal generator, coupled to said signal analyzer and said common mode signal generator, for manipulating the average error values and common mode signal to produce a gain control signal.
2. The apparatus of claim 1 wherein the common mode signal generator further comprises:
 - a rectifier/integrator for determining an average value of the input signal,
 - a target signal level generator for generating a nominal average value of the input signal,
 - a subtractor, coupled to the rectifier/integrator and target signal level generator, for calculating a difference value between the nominal average value and the average value, and
 - a loop filter, coupled to the subtractor, for filtering the difference value to form the common mode signal.
3. The apparatus of claim 2 wherein the demodulator is a quadrature amplitude modulation (QAM) demodulator.

4. The apparatus of claim 3 wherein one set of average error values is derived from inner constellation points of a QAM demodulated input signal and another set of average error values is derived from outer constellation points of a QAM demodulated input signal, where the signal analyzer integrates the inner constellation points to establish an inner point average error value and integrates the outer constellation points to establish an outer point average error value.
5. The apparatus of claim 4 wherein the control signal generator comprises:
first and second amplifiers having first (α) and second (β) amplification factors for amplifying the outer point average error value, respectively,
a first subtractor, coupled to said first amplifier and said signal analyzer, for subtracting the first amplified outer point average error value from the inner point average error value,
a second subtractor, coupled to said second amplifier and said signal analyzer, for subtracting the second amplified outer point average error value from the inner point average error value,
first and second low pass filters, connected to the first and second subtractors, for forming first and second biasing signals, respectively, and
first and second adders, coupled to the first and second low pass filters, respectively, for adding the first and second biasing signals to the common mode signal to produce a first and a second control signal.
6. The apparatus of claim 5 wherein the first control signal forms a radio frequency tuner automatic gain control signal.
7. The apparatus of claim 5 wherein the second control signal forms an intermediate frequency amplifier automatic gain control signal.
8. The apparatus of claim 5 wherein $\alpha \leq 1$.
9. The apparatus of claim 5 wherein $\beta \geq 1$.
10. The apparatus of claim 8 wherein $\alpha = 0.5$.

11. The apparatus of claim 9 wherein $\beta=1.5$.

12. Method of determining automatic gain control signals comprising the steps of:

- creating a common mode signal from an input signal,
- determining a plurality of error values, where each of the error values corresponds to a symbol value in an input signal,
- determining, in response to the plurality of error values, at least two sets of average error values, and
- generating the automatic gain control signals in response to the sets of average error values.

13. The method of claim 12 wherein the average error value determining step further comprises the steps of:

- deriving one set of average error values from quadrature amplitude modulation (QAM) demodulated inner constellation points, and
- deriving another set of the average error values from QAM demodulated outer constellation points.

14. The method of claim 13 wherein the generating step further comprises the steps of:

- amplifying the outer points average error value with first (α) and second (β) amplification factors, respectively,
- subtracting the amplified outer points average error value from the inner points average error value, respectively, to produce a first and second difference signal,
- filtering the first and second difference signals to form first and second biasing signals, respectively, and
- adding the first and second biasing signals to the common mode signal, respectively, to form first and second automatic gain control signals.

15. The method of claim 14 wherein the first automatic gain control signal is a radio frequency automatic gain control signal.

16. The method of claim 14 wherein the second automatic gain control signal is an intermediate frequency automatic gain control signal.

17. The method of claim 14 wherein $\alpha \leq 1$.

18. The method of claim 14 wherein $\beta \geq 1$.

19. The method of claim 17 wherein $\alpha = 0.5$.

20. The method of claim 18 wherein $\beta = 1.5$.

3. Detailed Description of invention

The invention relates to digital information transmission systems and, more particularly, to a system for providing automatic gain control to optimize signal-to-noise ratio and minimize signal distortion.

BACKGROUND OF THE DISCLOSURE

Various communications systems utilize quadrature amplitude modulation (QAM) for transmission of relatively high data rate information within a limited transmission bandwidth. Typically, QAM communications systems use a fixed symbol constellation for all transmissions, e.g., 16-ary QAM or sixteen positions or symbol points within a constellation. It is desirable that receivers in such communications systems have some type of automatic gain control (AGC) circuitry so that the ratio of received QAM signal to background noise is optimized and the received QAM signal suffers minimal distortion as it is processed by the receiver. This condition is achieved using AGC circuitry that maintains a constant signal level out of the tuner portion of the QAM receiver as the input RF signal fades or is attenuated. In a typical QAM receiver, the AGC circuitry contains two stages, an IF AGC within an IF stage of the receiver and an RF AGC within an RF stage of the receiver, where the IF AGC circuitry follows the RF AGC circuitry. As such, the IF AGC is maintained at a constant gain until the RF AGC applies a maximum gain to the input RF signal. Once the maximum RF AGC gain is attained, the IF AGC circuitry becomes operational to further amplify the IF signal.

However, when a signal is amplified at an amplifier's gain limit, the amplifier produces intermodulation distortion. In QAM, this distortion typically effects the outermost constellation points. Given an input signal with a low signal-to-noise ration, a QAM receiver has difficulty demodulating the outermost constellation points when the IF and RF AGC circuit gain is near or at its maximum limit.

Thus, there is a need for a system that provides optimal gain control in both the RF and IF stages of a QAM receiver to minimize intermodulation distortion.

SUMMARY OF THE INVENTION

The disadvantages heretofore associated with the prior art are overcome by the invention of an automatic gain control (AGC) system that monitors the distortion of the outer constellation points of a complex modulation format such as quadrature amplitude modulation (QAM) and adjusts both the RF and IF AGC gain to minimize such distortion. In particular, the receiver contains at least two stages of AGC gain. Typically, the RF AGC amplifier is contained in the tuner that is followed by an IF AGC amplifier. The IF amplifier is coupled to a mixer and an associated low pass filter which, in combination and when driven by a particular frequency, produces a baseband (or near baseband) signal. The baseband signal is digitized and processed by a gain control circuit. The gain control circuit produces IF and RF AGC signals that control the gain of the respective AGC stages.

The gain control circuit contains a common mode signal generator that produces a common mode signal that represents the difference between the magnitude of the baseband signal and a target signal level. The common mode signal is altered by two biasing signals that reflect the RMS error contained in the various constellation levels of the baseband signal. The gain control circuit further contains a digital modulation demodulator, e.g., a QAM demodulator, coupled to a signal analyzer. The demodulator and the analyzer produce an RMS error value representing the error (noise) in the outer level of the constellation and an RMS error value representing the error (noise) the inner level of the constellation. The RMS error values for each level are compared to determine when the outer constellation points are becoming

distorted. In response to a distortion determination, a particular pair of biasing signal values are produced and combined with the common mode signal. The resulting signals form the IF and RF AGC signals. In operation, when distortion is detected in the outer constellation points, the AGC signals appropriately adjust the gain of both the RF and IF amplifiers to reduce the RMS error associated with the outer points.

DETAILED DESCRIPTION

FIG. 1 depicts a block diagram which indicates the interconnection of various analog and digital circuitry components required to implement the automatic gain control (AGC) system of the present invention. The AGC system 100 contains a tuner 102, an IF amplifier 104, a mixer 106, a low pass filter 108, an analog-to-digital (A/D) converter 110 and a gain control circuit 101. The tuner 102 receives QAM modulated (e.g., M-ary QAM, where M is 16, 32, 128, 256, and the like) radio frequency (RF) signal at input port 103. The tuner is a conventional unit that amplifies the RF signal, downconverts the RF signal to an intermediate frequency (IF) and filter the IF signal. The tuner has at least one stage of amplification having a voltage controllable gain, i.e., the tuner contains an RF AGC amplifier.

The tuner 102 is connected to an IF amplifier 104 containing at least one amplification stage that is also gain controlled. The amplified IF signal produced by the IF amplifier has a substantially constant signal strength as a result of the two stages of AGC.

The amplified IF signal is applied to one port of a mixer 106. Another input port of the mixer is driven with a nominal frequency (f_0) that, when mixed with the amplified IF signal, produces a baseband (or near baseband) signal. The specific frequency used is unimportant to the operation of the invention and, in general, is defined by the center frequency of the IF signal. The baseband signal is filtered by the low pass filter 108 and then digitized by the A/D converter 110. A signal processor 150 conventionally demodulates the digitized baseband signal to recover the modulation. The signal processor is shown only to complete the depiction of a practical receiver. The signal processor does not form any part of the invention. Additionally, the digitized baseband signal is processed by the gain control circuit 101 to produce optimal gain control signals that minimize intermodulation distortion produced by the RF and IF stages. This is accomplished by monitoring the received QAM

c nstellation and ensuring that the AGC amplifiers do not attain gain levels that produce intermodulation distortion.

Specifically, the gain control circuit 101 contains a common mode signal generator 111, a quadrature demodulator 124, a signal analyzer 126, a pair of amplifiers 134 and 128, a pair of subtractors 130 and 136, a pair of low pass filters 132 and 138, and a pair of adders 120 and 122. The digital baseband signals are processed to create a common mode AGC signal as well as RMS error signals which are combined and fed back to the tuner 102 and IF amplifier 104 to achieve the desired AGC results.

The common mode signal generator 111 contains a rectifier/integrator 112, a subtractor 116, a target signal level generator 114, and a loop filter 118. The common mode signal is produced by first rectifying and averaging the digital baseband signal using rectifier/integrator 112. The integrator averages the rectified digital signals to produce an average signal. The subtractor 116 subtracts the average signal from a target signal level that is generated by target value generator 114. Ideally, when the AGC system is optimally operating, the magnitude of the average signal is maintained at the target signal level for all magnitudes of input signal. As such, the target signal level is a constant value that corresponds to a nominal signal strength for the average signal. The particular value of the target signal level depends upon the parameters of the particular application for the system, e.g., expected received signal levels, the gain and dynamic range in each stage, mixer conversion gain, filter passband loss, and the like. Additionally, a number of target signal levels can be preprogrammed into registers to accommodate a variety of system applications.

The error signal from the subtractor 116 is then low pass filtered by the loop filter 118. The signal exiting the filter 118 is referred to as the common mode AGC signal. The common mode signal varies in an inverse relationship with the average signal level. The common mode signal is, in essence, a conventional AGC signal that is derived from the average signal strength of the baseband signal.

The common mode AGC signal is applied to two adders 122 and 120 respectively. Biasing signals, to be discussed below, are also applied to adders 122 and 120 to create the AGC control signals which are applied to the RF AGC amplifier within the tuner 102 and the IF amplifier 104 to control the respective gains of these amplifiers.

Biasing signals for the common mode AGC signal are attained by monitoring the RMS error of the inner and outer constellation points of the QAM signal. Taken together, the inner points represent an inner signaling level (inner level) and the outer points represent an outer signaling level (outer level). If the QAM signal has intermediate levels, they are ignored. To monitor the constellation, the QAM signal is demodulated and then processed to find the RMS error associated with each of the constellation levels. As such, the digital baseband signal from the A/D converter 110 is applied to the QAM demodulator 124. The output of the QAM demodulator 124 produces two signals, the RMS error of the demodulated signal and the quantized value of the symbol location of demodulated signal. Therefore, for each digital signal processed by the QAM demodulator, there is a corresponding value assigned to identify the signal as either an inner or outer constellation point and an RMS error value associated with the point. The RMS error is proportional to the distance that the quantized value is from an ideal constellation point location.

These two output signals are applied to the signal analyzer 126 to identify the inner and outer point RMS error values. The analyzer 126 compares each quantized QAM signal to a threshold to determine if a particular quantized value is an outer level point or is an inner level point. If there are intermediate levels, the analyzer may use multiple thresholds, one to identify inner level points and one to identify outer level points, to identify the points of interest and eliminate all others. For each inner point, the analyzer integrates its associated RMS error value. Similarly, for each outer point, the analyzer integrates its associated RMS error value. Thus, the output from the analyzer is an average RMS error associated with the inner points and an average RMS error associated with the outer points.

The average RMS error associated the outer points is then passed through amplifiers 128 and 134. Amplifier 134 multiplies the error by a first factor (α) and amplifier 128 multiplies the error by a second factor (β). Generally, $\alpha \leq 1$ and $\beta \geq 1$; however, experimentation indicates that acceptable gain control is achieved with $\alpha=0.5$ and $\beta=1.5$.

Amplifier 128 is connected to subtractor 130 and amplifier 134 is connected to subtractor 136. As such, the amplified RMS error value for the outer constellation points is then subtracted from the inner point RMS error value using subtractors 130 and 136. The resulting difference values are filtered using low pass filters 132 and 138. The output signals from each of the low pass filters form biasing signals that are applied to an input terminal of the adders 122 and 120. As such, the biasing signals are combined with the common mode signal to produce the RF and IF AGC control signals. More particularly, the biasing signal from the filter 132 is combined with the common mode signal using adder 120 to form the IF AGC signal. Similarly, the biasing signal from the filter 138 is combined with the common mode signal using adder 122 to form the RF AGC signal. Thus the IF and RF AGC signals are independent from one another.

In operation, the system of the present invention determines when the RMS error of the outer constellation points exceeds the RMS error of the inner points. At that time, the IF signal level is deemed too high and a decrease in the IF AGC gain is warranted to avoid distorting the outer points in the constellation. In addition, the RF AGC signal also automatically decreases. In the event that the input RF signal level decreases, both RF and IF AGC signals increase due to an increase in the common mode signal level. However, the RF AGC signal increases above the common mode signal level because the biasing signal is acting to reduce inner constellation point noise which decreases as the RF AGC level increases.

Although the foregoing embodiment recites AGC amplifiers as the components that control the gain of the RF and IF stages, those skilled in the art will understand that voltage controlled attenuation would function as well. Also, the inventive system is designed to operate using any size QAM modulation constellation. The only component that is constellation size dependent is the QAM demodulator. However, depending on the system application, various demodulators can be used, or a demodulator capable of demodulating various constellation sizes could be used.

Furthermore, the present invention, although discussed in the context of receiving QAM signals, can be adapted to perform AGC in receivers of other digital modulation formats including QPSK, BPSK, offset QPSK, VSB and the like. Additionally, the foregoing embodiment depicts two stages of AGC, those skilled in the art could readily adapt the invention to have additional stages of AGC.

Although one embodiment which incorporates the teachings of the present invention has been shown and described in detail herein, those skilled in the art can readily devise many other varied embodiments that still incorporate these teachings.

4. Brief Description of Drawings

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING

The teachings of the present invention can be readily understood by considering the following detailed description in conjunction with the accompanying drawing, in which:

FIG. 1 depicts a block diagram of the AGC system of the present invention.

1. Abstract

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

The invention relates to digital information transmission systems and, more particularly, to a system for providing automatic gain control to optimize signal-to-noise ratio and minimize signal distortion.

An automatic gain control (AGC) system that monitors the distortion of the outer constellation points of a complex modulation format such as quadrature amplitude modulation (QAM) and adjusts both the RF and IF AGC gain to minimize such distortion. In particular, the receiver contains at least two stages of AGC gain. Typically, the RF AGC amplifier is contained in the tuner that is followed by an IF AGC amplifier. The IF amplifier is coupled to a mixer and an associated low pass filter which, in combination and when driven by a particular frequency, produces a baseband (or near baseband) signal. The baseband signal is digitized and processed by a gain control circuit. The gain control circuit produces IF and RF AGC signals that control the gain of the respective AGC stages.

2. Representative Drawing

Fig.1